

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-22452

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51) IntCl.⁸

H 0 1 L 27/04
21/822

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 27/04

技術表示箇所

V

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平8-172366

(22) 出願日 平成8年(1996) 7月2日

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 三浦 昭二

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72) 発明者 白木 聡

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72) 発明者 神谷 哲章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(74) 代理人 弁理士 碓氷 裕彦

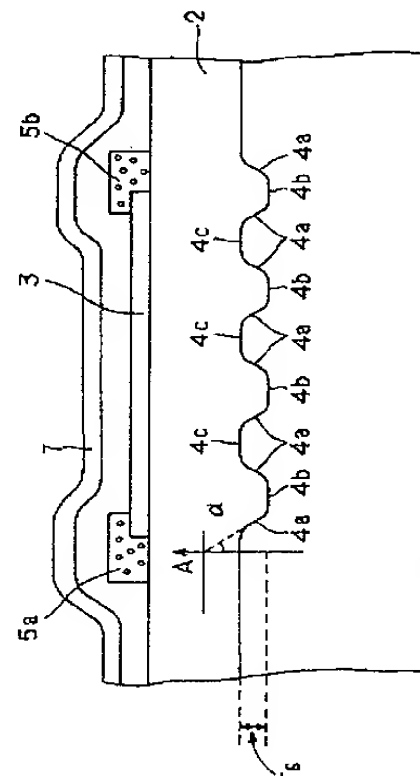
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 凹凸の段差の高さを精密に制御する必要がなく、良好なレーザートリミングが可能な薄膜抵抗を有する半導体装置を提供する。

【解決手段】 薄膜抵抗3を形成する領域の下に位置する半導体基板1の表面に半導体基板1の厚さ方向に対して斜めとなるテーパ部4aを有する段差部4を形成し絶縁膜2を形成して表面を平坦化し、薄膜抵抗3を形成した半導体装置に対し、レーザートリミングを行うことで、半導体基板1と絶縁膜2との界面からの反射光と入射光との干渉状態を変化させ、半導体基板1の厚さ方向に垂直な方向にもレーザーエネルギーの強め合う領域と弱め合う領域とを生じさせるようにしてトリミングを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板と、
該半導体基板の表面に形成され、該半導体基板の厚さ方向に対して斜めとなる斜め領域と、
該斜め領域を含め前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、
該絶縁膜上であって、前記斜め領域の上方に形成された薄膜抵抗とを有し、
前記斜め領域は、前記薄膜抵抗にレーザーを照射した際に該薄膜抵抗を透過したレーザーが斜め領域にて反射して前記薄膜抵抗に到達するように設定されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記斜め領域は前記半導体基板の厚さ方向に対して45度よりも大きく、かつ90度よりも小さい角度に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 前記斜め領域は、半導体装置の断面で見たときに曲線状になっていることを特徴とする請求項1あるいは2に記載の半導体装置。

【請求項4】 前記斜め領域により段差部が形成されており、この段差部の上部および底部を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項5】 前記斜め領域と前記上部との接続あるいは前記斜め領域と前記底部との接続部の少なくとも一方は曲線状になだらかにされていることを特徴とする請求項4に記載の半導体装置。

【請求項6】 前記斜め領域は、照射される前記レーザーのスポット径内に複数形成されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項7】 前記斜め領域は、耐酸化マスクを用いて酸化を行う選択酸化により形成されたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項8】 前記斜め領域が、平面的に見てストライプ状に配置されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項9】 前記斜め領域により段差が形成されており、この段差の上部および底部が平面的に見て交互に配置されることを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項10】 前記半導体基板は第1の半導体層と、該第1の半導体層の上に形成された絶縁層と、該絶縁層の上に形成された第2の半導体層とからなり、前記斜め領域は、前記第2の半導体層の表面に形成されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項11】 半導体基板と、
該半導体基板上に形成された絶縁膜と、
該絶縁膜上に形成された薄膜抵抗と、
該薄膜抵抗の下方に位置する前記半導体基板と前記絶縁膜との界面に形成された台形状の段差部とを備え、

該台形状の段差部の斜辺は、前記薄膜抵抗にレーザーを照射した際に該薄膜抵抗を透過したレーザーが斜辺にて反射して前記薄膜抵抗に到達するように設定されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項12】 半導体基板表面に、該半導体基板の厚さ方向に対して斜めとなる斜め領域を形成する工程と、前記半導体基板上に絶縁膜を形成する工程と、
該絶縁膜上であって、前記斜め領域上に薄膜抵抗を形成する工程と、
前記薄膜抵抗にレーザーを照射して該薄膜抵抗の抵抗値を調整する工程とを備え、
前記斜め領域は、前記抵抗値を調整する工程において、前記薄膜抵抗を透過したレーザーが前記斜め領域で反射して前記薄膜抵抗に到達するように形成されることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項13】 前記斜め領域は前記半導体基板の厚さ方向に対して45度よりも大きく、かつ90度よりも小さい角度に形成されることを特徴とする請求項12に記載の半導体装置。

【請求項14】 前記斜め領域は、半導体装置の断面で見たときに曲線状に形成されることを特徴とする請求項12あるいは13に記載の半導体装置。

【請求項15】 前記斜め領域を形成する工程は、前記半導体基板表面に段差部を形成する工程であって、この工程により前記段差部の上部および底部およびこれら上部、底部を接続する前記斜め領域を形成することを特徴とする請求項12乃至14のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 前記段差部を形成する工程により斜め領域と前記上部との接続あるいは前記斜め領域と前記底部との接続部の少なくとも一方は曲線状になだらかに形成されることを特徴とする請求項12乃至15のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項17】 前記斜め領域を形成する工程は、前記半導体基板の表面に耐酸化性マスクを形成し、該耐酸化性マスクにより覆われていない前記半導体基板表面を選択的に酸化する選択酸化法によって形成するものである請求項12または17に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】 前記斜め領域を形成する工程は、平面的に見てストライプ状に形成されるものであり、また前記レーザーはこのストライプに対して平行に走査して照射するものである請求項12乃至17のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項19】 前記斜め領域は前記半導体基板表面に段差を形成することにより形成されるものであり、この段差の上部と底部とが平面的に見て交互に配置されるものである請求項12乃至18のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】本発明はレーザーにてトリミングを行う薄膜抵抗を有する半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体基板上に絶縁膜等を介してCrSi等の抵抗材料を堆積し、所定パターンにパターニングした後、レーザーを照射してその一部を溶断することで抵抗値を所望の値にするレーザートリミング方法が知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このレーザートリミングにおいては、薄膜抵抗に照射したレーザーが薄膜抵抗を透過し、その透過光が下層の酸化膜と半導体基板との界面にて反射して入射光と干渉を起こす。この干渉によって、安定して薄膜抵抗のトリミングができないという問題が生じる。

【0004】この問題を解決するものとして、USP 4, 594, 265やUSP 4, 708, 747に開示された技術がある。これらは、半導体基板中に分離用絶縁膜を設けることで各半導体層を絶縁分離する半導体装置であり、半導体基板表面に絶縁膜を形成し、その上に薄膜抵抗を形成するものにおいて、前者では基板中の分離用絶縁膜と半導体層との界面の半導体層表面をエッチング等により刻み目を形成したり、V字溝を形成したりして半導体基板内部における分離用絶縁膜と半導体層との界面からの反射光をなくすようにしており、後者では半導体基板内部に形成する分離用絶縁膜をレーザーに対して“透明”となる膜厚に制御することで反射光をなくすようにしている。

【0005】しかしながら、上記2つの米国特許公報では半導体基板内部に形成した薄膜抵抗直下の絶縁膜と半導体基板表面との界面でのレーザーの透過光の反射光については何ら対策されていない。この点における対策として、図16に示す日本電装公開技法No. 87-023 (1992年11月15日発行)に開示された技術がある。これは、薄膜抵抗下のSi基板1上に絶縁膜2を形成し、その上に薄膜抵抗3を形成したものであるが、Si基板1と絶縁膜2との界面に、レーザー波長の $1/4$ 波長の高さの段差Aを設け、この凹凸の段差上部と段差下部とで反射するレーザーが互いに打ち消しあうようにして、薄膜抵抗付近での入射光と反射光との干渉を生じないようにすることでトリミングを良好に行うというものである。

【0006】しかしながら、この方法においては、反射光を打ち消すために、凹凸の段差の高さを精密に制御することが必要であるという問題が生じる。従って、本願発明は、凹凸の段差の高さを精密に制御する必要がなく、良好なレーザートリミングが可能な薄膜抵抗を有する半導体装置およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1乃至19に記載の発明においては、レーザートリミングを必要とする薄膜抵抗が形成されている半導体装置において、薄膜抵抗下の絶縁膜と半導体基板との界面に、半導体基板の厚さ方向に対して斜めとなる斜め領域を、薄膜抵抗に照射したレーザーがこの斜め領域にて反射して薄膜抵抗に到達するように形成している。

【0008】この斜め領域における反射光により、レーザーの入射光との干渉が、絶縁膜と半導体基板との界面が平坦になっている場合とは異なり複雑になる。この複雑になった干渉光により、薄膜抵抗の存在する領域にてレーザーエネルギーの強まる領域が必ず存在するようになり、それによって、薄膜抵抗のトリミングが良好に行われるようになる。つまり、本願発明では従来のように絶縁膜と半導体基板との界面での反射をなくすのではなく、絶縁膜と半導体基板との界面での反射を利用することで薄膜抵抗のトリミングを行えるようにしている。

【0009】従って、本願においては、従来のように反射光を無くす必要がないため、反射光をなくすための凹凸の段差の高さを厳密に制御する必要はなく、絶縁膜と半導体基板との界面に形成した斜め領域によりレーザーの入射光と前記界面での反射光との干渉状態を変化させるようにすればよい。また、本願発明によれば、絶縁膜の膜厚に左右されることなくトリミングを良好に行えるという効果もある。

【0010】また、請求項2に記載の半導体装置においては斜め領域が半導体基板の厚さ方向に対して45度よりも大きく90度よりも小さい角度に設定されている。これにより、薄膜抵抗を透過したレーザーが斜め領域にて反射して確実に薄膜抵抗に到達するようになる。また、請求項3に記載の半導体装置あるいは請求項14に記載の半導体装置の製造方法によれば、斜め領域は半導体装置の断面に対して曲線状に形成されている。薄膜抵抗を透過したレーザーはこの曲線状にされた斜め領域によりさまざまな角度で反射されるようになる。従って、このことによっても半導体装置の横方向にレーザーの干渉による強めあう領域と弱めあう領域とを交互に生じさせる作用を生み出しているものと考えられる。

【0011】また、請求項4に記載の半導体装置および請求項15に記載の半導体装置の製造方法によれば、斜め領域により段差部が形成されており、この段差部の上部および底部を有しているので、薄膜抵抗を透過したレーザーは、段差部の上部及び底部及び斜め領域での反射によりレーザーの干渉光に上述のような変化を与えているものと考えられる。

【0012】また、請求項5に記載の半導体装置あるいは請求項16に記載の半導体装置の製造方法によれば、斜め領域と段差部の上部との接続あるいは斜め領域と段差部の底部との接続部の少なくとも一方は曲線状になだ

らかにされているため、薄膜抵抗を透過したレーザーはこの曲線状になだらかにされた接続部によりさまざまな角度で反射されるようになる。従って、このことによっても半導体装置の横方向にレーザーの干渉による強めあう領域と弱めう領域とを交互に生じさせる作用を生み出しているものと考えられる。

【0013】また、請求項6に記載の半導体装置は、照射するレーザーのスポット径内に対して複数の斜め領域が存在することになり、薄膜抵抗の形成されている領域において、レーザーのエネルギーを強め合う領域がより確実に存在するようになる。これによって、薄膜抵抗をより確実にトリミングすることができる。また、請求項7に記載の半導体装置あるいは請求項17に記載の半導体装置の製造方法においては、斜め領域を選択酸化膜により形成するようにしている。選択酸化により形成することで、斜め領域は反射に適した滑らかな面が形成できる。また、半導体基板に形成するトランジスタ等の素子領域を分割するための選択酸化膜の形成と同時に行うことができるため、工程を増やすことなく斜め領域を形成できるという効果がある。

【0014】また、斜め領域は請求項8に記載の半導体装置や請求項18に記載の半導体装置の製造方法のように、ストライプ状に配置してもよいし、ストライプをクロスさせたメッシュ状、つまり請求項9に記載の半導体装置や請求項19に記載の半導体装置の製造方法のように、斜め領域により形成される段差の上部と底部とを交互に配置するようにしてもよい。

【0015】尚、本願発明者らが実験を行ったところ、ストライプに形成した斜め領域に対してストライプを垂直に横切るようにレーザーを照射した場合と、ストライプに対して平行方向にレーザーを照射した場合とを比べると、平行方向にレーザーを照射した場合にはトリミングが良好に行えたが、垂直方向にレーザーを照射した場合にはトリミングは、あまり良好に行えなかった。

【0016】従って、請求項8または請求項18に示すように、ストライプ状に配置した段差部に対して、ストライプに平行にレーザーを照射することで、良好なトリミングを行うことができる。また、薄膜抵抗のトリミングにおいては、レーザーの走査方向を一方向でなく、“L”という文字のように方向を転換してトリミングを行うことがある（以下、L字カットという）。従って、請求項5あるいは請求項12に示すごとく、斜め領域をストライプ状に形成した場合には、L字カットを良好に行うことができないことが生じる。

【0017】そこで、本願発明者らが実験を行ったところ、斜め領域によって形成される段差部をメッシュ状に配置した場合にも安定してトリミングが行えることを見出した。従って、請求項9に記載の半導体装置や請求項19に記載の半導体装置の製造方法によればL字カットを良好に行えるといえる。また、請求項11に記載の半導

体装置によれば台形状の段差の斜辺におけるレーザーの反射光により上述したように良好なトリミングを行える。

【0018】

【発明の実施形態】以下、図面を用いて本発明の実施形態を説明する。

（第1実施形態）図1に本発明の第1の実施形態における半導体装置の断面図を示す。図1に示される半導体装置はSiからなる半導体基板1の表面に段差部4（請求項6でいう台形状の段差部）を形成し、半導体基板1上にボロン（B）やリン（P）を含むBPSG膜等の絶縁膜2を堆積し、表面を平坦化してその絶縁膜2上にCrSi等の薄膜抵抗3が形成されている。また、薄膜抵抗の両端部にはAl電極5a、5bが形成され、それらAl電極5a、5b及び薄膜抵抗3の表面を覆うように、酸化膜等の絶縁膜6と窒化膜（SiN）等の保護膜7が形成されている。

【0019】そして、段差部4は段差の底部4bと上部4cを接続するテーパ部4a（本発明でいう斜め領域、斜辺）を備えており、このテーパ部4aは図1中のAで示す基板厚さ方向に対して角度 α をなすように形成されており、また、トリミングの際に薄膜抵抗3を透過したレーザーがテーパ部4aにて反射し、再び薄膜抵抗3に到達するように形成されている。尚、角度 α は薄膜抵抗3が透過したレーザーがまた上方に向けて反射するように、 $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ とされている。好ましくは $50^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$ とするとよい。尚、半導体基板1の面方位は（100）面である。

【0020】このような半導体装置と段差部4のない従来の半導体装置に対してトリミングを行った場合とを比較し、段差部4がトリミングに対してどのように影響しているかを実験結果をもとに以下に説明する。実験は薄膜抵抗下の絶縁膜2の厚さが異なるサンプルを用意し、図2に示すように、Al電極5a、5b間にその間の抵抗値を測定する測定器51を接続し、レーザー出力を可変させて図中の、...の矢印に示すように走査しながら照射し、測定器51が示す抵抗値の値が無限大となるときの、すなわち、レーザー照射により薄膜抵抗3が溶断し、Al電極5a、5b間が開放状態になったときのレーザー出力を調べることで行った。尚、図2は薄膜抵抗3が形成された半導体装置を上から見た図である。

【0021】尚、実験に用いた装置はESi社製のトリミング装置であり、レーザーは、波長 $\lambda = 1.048 \mu\text{m}$ のYLFレーザーで、照射パルス幅が約50ns、パルス間隔が1.3msのパルスレーザーを用いた。また、レーザーのCrSi上におけるスポット径は10 μm とした。図3に実際に測定を行ったサンプルの詳細な断面図を示す。今回の実験に用いたサンプルにおいては、図3に示すように、薄膜抵抗3下の絶縁膜2がBP

SG膜2 a、プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) にて形成したP-SiN膜2 b、Tetraethyloxysilane ガスにより形成されるTEOS膜2 c、SOG (Spin-On-Glass) 膜2 d、TEOS膜2 eから構成されており、また薄膜抵抗3上の絶縁膜6はTEOS膜6 a、P-SiN膜6 b、TEOS膜6 cから構成されている。

【0022】図3 (a) は薄膜抵抗3下の半導体基板1と絶縁膜2との界面が平らな従来のタイプの半導体装置を示し、図3 (b) は薄膜抵抗3下の半導体基板1と絶縁膜2との界面に図1に示すテーパ部4 aを有する段差部4を設けた半導体装置である。また、実験に用いた本実施形態における半導体装置においては、図3 (b) 中に示す段差部4の間隔aを2 μ mの間隔で形成したものをを用いた。

【0023】実験においては図3中のBPSSG膜2 aの厚さを4000 Åから7000 Åまで変化させたときにトリミングを行うことができたレーザー出力 (トリミングエネルギー) を調べた。実験結果を図4に示す。図中の■は図3 (a) に示す従来の半導体装置における測定値を示し、○は図3 (b) の本発明による半導体装置における測定値を示す。尚、●については後で説明する。

【0024】図4からもわかるように、従来のものではBPSSG膜2 aの膜厚が4000 Å付近と7000 Å付近にてトリミングに必要なレーザー出力が他の膜厚のときよりも大きくなり、保護膜が破壊されてしまう出力である0.8 mWを超えてしまう。一方、本実施形態のものではBPSSG膜2 aの膜厚が変化してもトリミングに必要なレーザー出力は0.3 mW付近に安定しており良好にトリミングを行えることが分かる。このことをシミュレーション結果をもとに以下に説明する。

【0025】図5と図6とに、絶縁膜2と半導体基板1の界面が平坦な従来の場合と、絶縁膜2と半導体基板1の界面が斜め領域4 aを有する場合とのレーザーの干渉の状態をシミュレーションにより調べた結果を示す。図5 (a)、図6 (a) はSiからなる半導体基板1上に、絶縁膜2、CrSiからなる薄膜抵抗3、絶縁膜6、保護膜7を順次形成した半導体装置断面図の一部を示すものである。尚、図6において、シミュレーションモデルの横幅aは図3 (b) の段差部4の間隔と同じ2 μ mである。これらの半導体装置に波長1.048 μ mのレーザーを照射したときのレーザーの干渉の様子を図5 (b) および図6 (b) に示す。

【0026】図5 (b) と図6 (b) とにおいて、レーザーの干渉によるレーザーエネルギーの同じ領域を等高線にて示しており、図中の数字が干渉によるレーザーエネルギー強度を表している。図5 (b) では半導体基板1の表面が平坦なために半導体基板1の表面に平行に干渉縞が生じている。つまり、図5 (a) に示す素子の厚さ方向にレーザーの強め合う領域と弱め合う領域とが交

互に現れるようになる。従って、この場合、薄膜抵抗3の存在する位置においてレーザーの干渉光の弱め合う領域が生じてしまうと薄膜抵抗のトリミングが行えないことになる。従って、この場合、薄膜抵抗3下の絶縁膜厚さによりトリミングが行えるか行えないかが左右されてしまう。ただし、このような時でもレーザーの出力を大きくすればトリミングは行えるが、絶縁膜破壊を引き起こすためレーザーの出力には限度がある。

【0027】一方、図6 (b) では図5 (b) とは異なる干渉縞を生じさせている。より具体的に言うと、図6 (a) の半導体装置の厚さ方向に対して垂直な方向、すなわち、図6 (a) の横方向にレーザーの強め合う領域と弱め合う領域とが交互に現れるようになる。従って、この場合、薄膜抵抗3の存在する位置において、必ずレーザーの強め合う領域が生じるようになるため、薄膜抵抗3のトリミングを確実に行えるようになるものと考えられる。

【0028】すなわち、図5に示す従来構造のものでは干渉によるレーザーの強め合う領域と弱め合う領域とが半導体装置の厚さ方向 (図1に示す方向A) において交互に現れるようになるため、薄膜抵抗3の下地の絶縁膜2の膜厚によりトリミングが行える場合とトリミングが行えない場合とが生ずる。しかしながら本実施形態のように半導体基板1と絶縁膜2との界面に図1に示すようなテーパ部4 aを形成することで干渉によるレーザーの強め合う領域と弱め合う領域とが半導体装置の厚さ方向に対して生じるだけでなく、半導体装置の厚さ方向に垂直な、半導体装置の横方向にも生じるようになる。これにより薄膜抵抗3の形成されいる領域内において必ずレーザーの強め合う領域が存在するようになり、トリミングが確実行えるものと考えられる。

【0029】次に、図7に薄膜抵抗3をトリミングした後の半導体装置の透過電子顕微鏡 (TEM) 像を表す断面図を示す。この半導体装置は薄膜抵抗3がトリミングできるかできないか程度の0.2 μ Jのレーザーエネルギーにてトリミングしたものである。図中のMで示す領域は薄膜抵抗3が溶断された領域である。この図から実際に薄膜抵抗3は横方向にある間隔おきに溶断されていることが分かる。この図7のMで示す領域にて図6

(b) に示した現象によりレーザーが強め合い、薄膜抵抗3が溶断されたものと考えられる。

【0030】次に、図8に半導体装置の断面図の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像を表すものを示す。本実施形態では段差部4はLOCOS酸化膜2 Lを形成することにより形成したものである。この図ではテーパ部4 aは曲線状になっており、テーパ部4 aと段差の底部4 bを接続する接続部4 dも曲線状になだらかにされており、また段差の底部4 bも接続部4 dに続いて湾曲状になっている。つまり、LOCOS酸化膜によって形成される凹部 (テーパ部4 a、底部4 b、接続部4 d) が湾曲状に

なっている。またテーパ部4 aと段差の上部4 cとの接続部4 eも曲線状になだらかにされている。

【0031】図6 (b) に示した効果は段差部4のテーパ部4 a、底部4 b、上部4 cによっても生じるものと考えられるが、図8に示すように曲線状になっているテーパ部4 aにより薄膜抵抗3を透過したレーザーは場所により少しずつ異なる方向に反射されるようになり、これによっても上述した効果を生じさせているものと考えられる。同様に、テーパ部4 aと底部4 bとの接続部4 dやテーパ部4 aと上部4 cとの接続部4 eによっても上述した効果を生じさせていると考えられる。換言すればLOCOS酸化膜による湾曲状に形成された凹部が上述した効果を生じさせている。

【0032】以上のように、本実施形態による半導体装置では、従来のように絶縁膜と半導体基板との界面での反射をなくすのではなく、絶縁膜と半導体基板との界面での反射を利用してレーザーの入射光と反射光との干渉状態を上述のごとく変化させることで薄膜抵抗のトリミングを行えるようにしている。従って、本願においては従来のように反射光をなくす必要がないため、反射光をなくすために凹凸の段差の高さ(図1中のTS)を厳密に制御する必要はなく、絶縁膜と半導体基板との界面に形成したテーパ部4 aによりレーザーの入射光と前記界面での反射光との干渉状態を変化させるようにすればよいのである。

【0033】(第2実施形態) 次に、第2の実施形態として、図9に示すような内部に酸化膜層(SiO₂層11 b)が形成されたSOI (Silicon On Insulator) 基板と呼ばれる半導体基板11を用いた半導体装置に対してレーザートリミングを行う場合について説明する。

【0034】図9に示す半導体基板11を用いる場合にはSiO₂層11 bと、その上のSi層11 c(面方位が(100)面)およびその下の半導体基板11 aとの界面からの反射光と入射光との干渉がトリミングを行う際に問題となる。図9 (a) に示す半導体装置は半導体基板11の表面が平坦な従来のものを示し、図9 (b) に示す半導体装置は半導体基板11の表面に段差部4を形成した本実施形態のものである。尚、図9に示す絶縁膜2、絶縁膜6、保護膜7の詳細な構成は図3に示すものと同一である。また、半導体基板11内のSiO₂層11 bの厚さは0.9 μmとした。また、トリミングを行ったレーザーとして波長λ=1.06 μmのYAGレーザー(テラダイン社製)を用いた。

【0035】実験は図2に示した方法と同様な方法で行い、半導体基板11内のSiO₂層11 b上のSi層11 cの厚さを変化させたときに、薄膜抵抗3をトリミングができたときのレーザー出力(1パルス当りのレーザーエネルギー)を調べたものである。その結果を図10に示す。図中の■は、図9 (a) に示す従来の半導体装置における測定値を示し、○は、図9 (b) の本発明に

よる半導体装置における測定値を示す。

【0036】図10からわかるように、半導体基板11の表面が平坦な従来のものにおいては、Si膜厚が変化するとトリミングエネルギーも大きく変動するが、本実施形態のものにおいては、Si膜厚が変化してもトリミングエネルギーは、約0.09 μJに安定していることがわかる。すなわち、本実施形態においてはテーパ部4 aを透過したレーザーがテーパ部4 aを透過する際に屈折し、レーザーの照射方向とは方向を変えてSi層11 cとSiO₂層11 bとの界面に入射するようになるため、その界面にて反射する反射光もレーザーの入射方向とは異なる方向に反射されることになり、さらにその反射光がテーパ部4 cを透過する際に再び屈折されることになる。従って、薄膜抵抗3への反射光が基板が図3

(b) に示す半導体基板1の場合に比べて互いに異なる方向に進むより多くの反射光が入り交じることにより入射光と反射光とによって形成される干渉光もより複雑なものになると思われる。その結果、本実施形態も第1実施形態にて説明したような作用によりトリミングが良好に行えるものと考えられる。

【0037】(第3実施形態) 次に第3の実施形態として、段差部4とレーザー照射方向の関係について図11~11を用いて説明する。図11は薄膜抵抗3の下に形成した図1に示すテーパ部4 aを有する段差部4をA1電極5 a、5 bを結ぶ直線に平行なストライプ状に配置したものを示す。段差部4は、図中の方向Bに沿って半導体装置を切ったときの断面図が図1に示す段差部4の形状となるように形成されている。また、図11に示す斜線のある領域は段差部4を窒化膜をマスクに用いたLOCOS酸化法にて形成する際の窒化膜のマスクパターンを示すものである。従って、LOCOS酸化膜の端部に形成されるいわゆるバースピークによるテーパ部4 aが図11のストライプ状の斜線のある領域と斜線のない領域との境界に形成されている。

【0038】このような半導体装置において、ストライプに平行な方向Aとストライプに垂直な方向Bにレーザーを走査するようにして、図3、図4で行ったものと同様な実験を行った。すなわち、BPSG膜2 aの膜厚を変化させた場合のトリミングエネルギーを調べた。その結果を図4に示す。図4において○は方向Aにレーザーを走査したときのトリミングエネルギーを表し、●は方向Bにレーザーを走査したときのトリミングエネルギーを表す。

【0039】図4から方向Aにレーザーを走査したときにはトリミングエネルギーはBPSG膜2 aの膜厚に依らず安定しているが、方向Bにレーザーを走査したときにはBPSG膜2 aの膜厚によりトリミングエネルギーが大きく変化することがわかる。従って、ストライプ状に形成したテーパ部4 aに対してストライプの伸びている方向に平行にレーザーを走査して照射することでトリ

ミングを良好に行えることが分かる。

【0040】また、ストライプ状に形成したテーパ部4aに対してストライプの伸びている方向に垂直にレーザーを走査して照射する場合にはトリミングエネルギーが薄膜抵抗3の下に絶縁膜2の膜厚により変動してしまう。しかしながら、図4の■に示す段差部4のない従来の場合に比べてトリミングエネルギーを小さく抑えることができる。すなわち、図4に示すように従来のものにおいては、BPSG膜厚によってはトリミングエネルギーが保護膜破壊を引き起こす0.8mW以上となることがあるが、ストライプに対して垂直にレーザーを走査する方向Bの場合には0.8mWを超えることがなく、トリミングを行えることが分かる。

【0041】ここで、薄膜抵抗のトリミングではレーザーを一方向のみに走査するトリミングだけではなく、レーザー走査方向を直角に切りかえてトリミングを行う、いわゆるL字カットがよく用いられる。このL字カットを行う場合、段差部4をストライプ状に形成し、その上方に薄膜抵抗3を形成した半導体装置においては段差部4のストライプに対して垂直にトリミングを行う際に上述したように薄膜抵抗下の絶縁膜厚が変動する場合にはトリミングエネルギーを安定させてトリミングを行えない可能性が出てくる。

【0042】本願発明者らが実験を行ったところ、このような問題に対しては、薄膜抵抗3下の絶縁膜2と半導体基板1との界面における段差部4を、平面的に見て段差部4のテーパ部4aにて接続される段差の底部4bと上部4cとが交互に現れるようなメッシュ状のパターンに形成することによりトリミングが安定して行えることを見出した。

【0043】このパターンの一例を図12に示す。図12に示すパターンにおいて、斜線にて示す領域はLOCOS酸化における窒化膜のマスクパターンを示すものであり、ほぼ段差部4の上部4cに該当する。このようなマスクパターンにて形成された段差部4の様子を図12中のAの方向における断面図とBの方向における断面図にてマスクパターンの側部に示す。

【0044】図12のマスクパターンにて形成した段差部4上に絶縁膜2を形成し、さらにその上に薄膜抵抗3を形成した半導体装置に対して、絶縁膜2の一部であるBPSG膜2aの膜厚を変化させて薄膜抵抗をトリミングしたときに必要とされたトリミングエネルギーを調べたものを図13に示す。尚、図12に示す斜線部の寸法は長辺が2μmあり短辺が1μmであり、照射したレーザーはスポット径が10μmのYLFレーザーを用いた。また、レーザーは図中の矢印の方向に走査した。

【0045】図13と図4とを比較すると、段差部4をストライプ状に形成した半導体装置と、メッシュ状の段差部を有する半導体装置とにおいて、レーザーの走査方向を段差部4のストライプに対して平行とした場合に

は、メッシュ状の段差部を有する半導体装置の方がトリミングエネルギーに若干の変動がみられるが、レーザーの走査方向を段差部4のストライプに対して垂直とした場合に対してはトリミングエネルギーの変動を抑制できていることがわかる。

【0046】従って、L字カットを必要とする薄膜抵抗3が形成された半導体装置においてはテーパ部を有する段差部を図12に示すようにメッシュ状に配置することで薄膜抵抗下の絶縁膜の膜厚に依らず安定してトリミングが行える。

(第4実施形態) 次に、第4の実施形態として、上述した段差部4および薄膜抵抗3を有する半導体装置の製造方法の一例を図14、図15を用いて説明する。

【0047】尚、ここで説明する半導体装置は各素子領域を絶縁部材にて絶縁分離したものについて説明するが、例えば、従来のPN接合分離により各素子領域を絶縁分離した半導体装置にも適用可能である。図14

(a)に示すように、まず、半導体基板11を用意する。この半導体基板11は、例えば特開平6-196550号公報に記載されているように、P型の単結晶Si基板11aにシリコン酸化膜11bを形成したものとN型の単結晶Si基板11cとを所定の処理を行った後、1100℃程度の温度にて張り合わせ、単結晶Si基板11cを研磨して必要な厚さとし、ドライエッチング等を用いてトレンチと呼ばれる溝11dを形成し、その溝の側面に酸化膜20を形成し、ポリシリコン30等によりトレンチを埋め込むことにより形成される。これにより隣接する素子は、酸化膜11b、トレンチにより絶縁分離されることになる。

【0048】次に図14(b)に示すように、半導体基板11の表面に耐酸化マスク12を形成する。この耐酸化マスクは、例えばCVD等の気相成長法を用いて窒化膜(SiN)を堆積してフォトリソ工程によりパターンニングすることで形成できる。その後、LOCOS酸化と呼ばれる酸化方法により、トレンチ上および段差部4を形成する領域に選択酸化膜13を形成する。尚、この選択酸化膜13は半導体基板11の表面にて隣接する素子あるいは半導体領域を分離する目的で形成するものである。

【0049】尚、LOCOS酸化は、例えば耐酸化マスク12を形成した半導体基板11を熱酸化炉(図示せず)内に入れて、酸素(O₂) + 水素(H₂)雰囲気、1000℃程度の温度にて5~6時間程度の熱酸化を行うものである。このLOCOS酸化の際に、耐酸化マスク12の端部からも酸化が進行し、選択酸化膜13の端部にバズピークとよばれる領域が形成され、このバズピークにより段差部4に図1に示すようなテーパ部4aが形成される。尚、段差部4を形成する選択酸化膜13のパターンは図11あるいは図12に示されるようなパターンに形成される。また、熱酸化によりテーパ部4aを形成しているため、テーパ部4aの表面は薄膜抵抗

3を透過したレーザーが反射するのに適した滑らかな面が形成される。すなわち、半導体基板11の表面は境面になっているが、テーパ部4aもこの境面とほぼ同等の状態になる。

【0050】また、トランジスタ等の半導体素子をトレンチにより他の領域から絶縁分離された半導体基板11の素子領域に形成する。図14(c)においてはN型のエミッタ14、P型のベース15、N型のコレクタ16から構成されるバイポーラトランジスタを形成し、その後、図15(a)に示すようにBPSG膜やSiO₂膜等を用いて絶縁膜2を堆積して基板11の表面を平坦化する。この絶縁膜2は、例えば図3に示す絶縁膜2と同様な多層膜でよい。

【0051】次に、図15(b)に示すように段差部4の形成された領域の絶縁膜2上に薄膜抵抗3を形成する。この薄膜抵抗3は、例えばスパッタ装置に図15(a)に示す半導体装置を入れてCrSi材料をターゲットとし、アルゴン(Ar)雰囲気、あるいはアルゴン+窒素(N₂)雰囲気などの不活性ガス雰囲気にてスパッタリングにより絶縁膜2上にCrSiを堆積し、所望のパターンにパターニングすることで形成される。尚、スパッタリング時に雰囲気として窒素ガスを混入するときは窒素が薄膜抵抗内に取り込まれる。

【0052】次に、図15(c)に示すように、絶縁膜2にコンタクトホールを形成し、Al等の電極配線材料を堆積してパターニングして所望のパターン5a~5dを形成する。尚、図15(c)では薄膜抵抗3をトランジスタのコレクタ16とを配線パターン5aにて接続した様子を示してある。そして、酸化膜等の絶縁膜6や半導体装置を保護するための窒化膜等の保護膜7を形成する。これら絶縁膜6や保護膜7は、例えば図3に示すTEOS膜6aや図1に示す保護膜7と同様な構造でよい。

【0053】以上のように形成された半導体装置に対して、薄膜抵抗3のレーザートリミングを行い抵抗値を調整する。以上説明した本実施形態によると、段差部4の形成を選択酸化膜13の形成と同時に行っているため、工程数を増やすことなくテーパ部4aを形成することができる。

【0054】尚、テーパ部4aは、選択酸化以外の形成方法としては、例えばウェットエッチングによる等方性エッチングや、CF₄ガスやCCl₄ガスによるドライエッチング等の方法でも形成可能である。ただし、ドライエッチングによりテーパ部4aを形成する場合には、ドライエッチング後にエッチング表面を熱酸化して表面を滑らかにする必要がある。

【0055】尚、エッチング方法には異方性エッチングという方法もあるが、通常、Si基板は本実施例のように面方位が(100)面を表面として用いるため、水酸化カリウム(KOH)液等のエッチング液を用いて異方

性エッチングでは(111)面が現れるようになり、(100)面と(111)面とのなす角は約54°となるため、図1に示す角度αは約36°となり不適切である。

【0056】また、シリコン基板表面を少しエッチングしておき、その後、選択酸化膜を形成することによりテーパ部4aを形成するようにしてもよい。この場合にはドライエッチングも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の半導体装置の断面図である。

【図2】トリミングエネルギーの測定試験を表す図である。

【図3】(a)は、実験に用いた従来のサンプルの断面図である。(b)は、実験に用いた第1実施形態のサンプルの断面図である。

【図4】トリミングエネルギーの測定結果を示すグラフである。

【図5】(a)は従来構造の半導体装置の断面図である。(b)は(a)図の構造によるレーザーの干渉状態を示す図である。

【図6】(a)は本実施形態の半導体装置の断面図である。(b)は(a)図の構造によるレーザーの干渉状態を示す図である。

【図7】トリミング後の半導体装置の断面の透過電子顕微鏡像を示す図である。

【図8】本実施形態の半導体装置の断面の透過電子顕微鏡像を示す図である。

【図9】(a)は、実験に用いた従来のサンプルを説明する断面図である。(b)は、実験に用いた第2実施形態のサンプルを説明する断面図である。

【図10】トリミングエネルギーの測定結果を表すグラフである。

【図11】レーザーの走査方向と段差部4の関係を表す図である。

【図12】メッシュ状の段差部4を表す図である。

【図13】メッシュ状の段差部4を形成した場合のトリミングエネルギーの測定図である。

【図14】(a)~(c)は、半導体装置の製造工程を説明する図面である。

【図15】(a)~(c)は、半導体装置の製造工程を説明する図面である。

【図16】従来の半導体装置の断面図である。

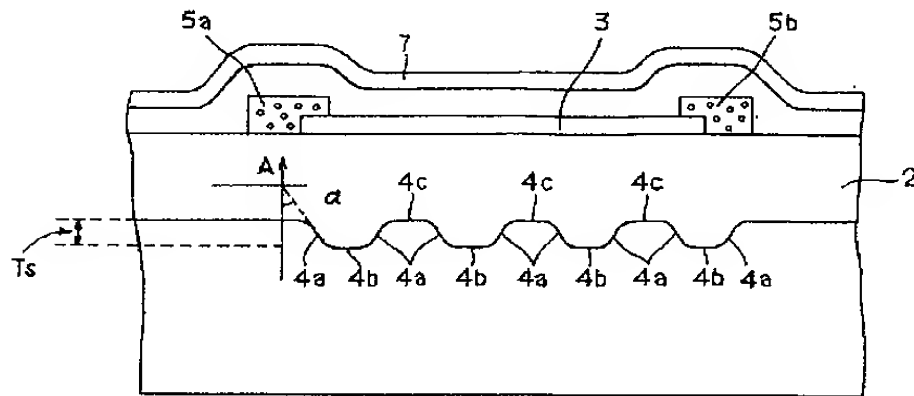
【符号の説明】

- 1 半導体基板
- 2 絶縁膜
- 3 薄膜抵抗
- 4 段差部
- 4a テーパ部
- 5 電極配線
- 6 絶縁膜

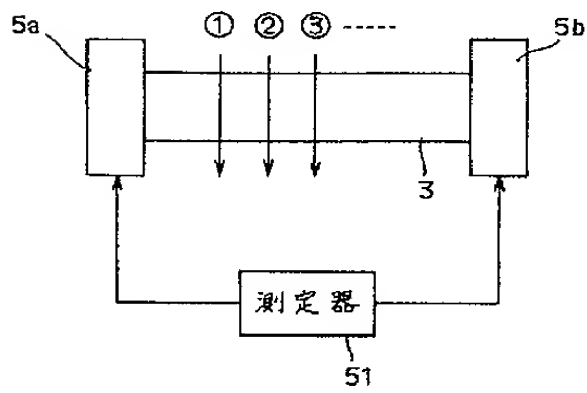
7 保護膜

11 SOI基板

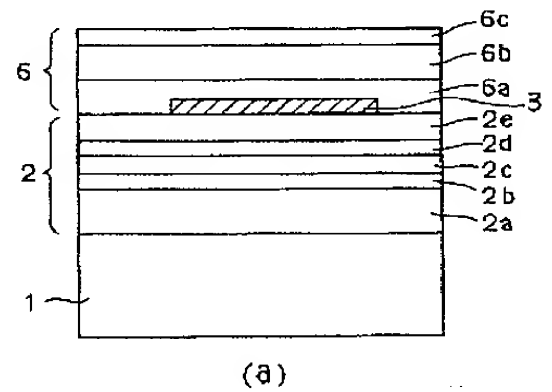
【図1】



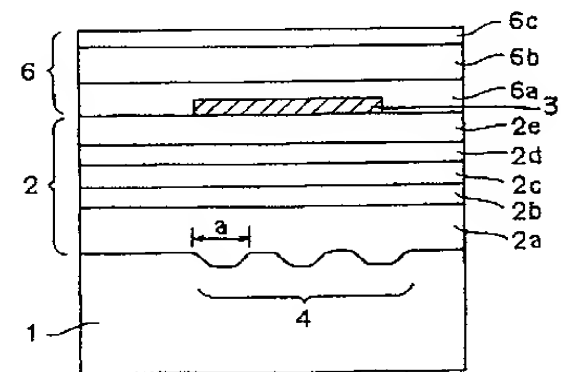
【図2】



【図3】

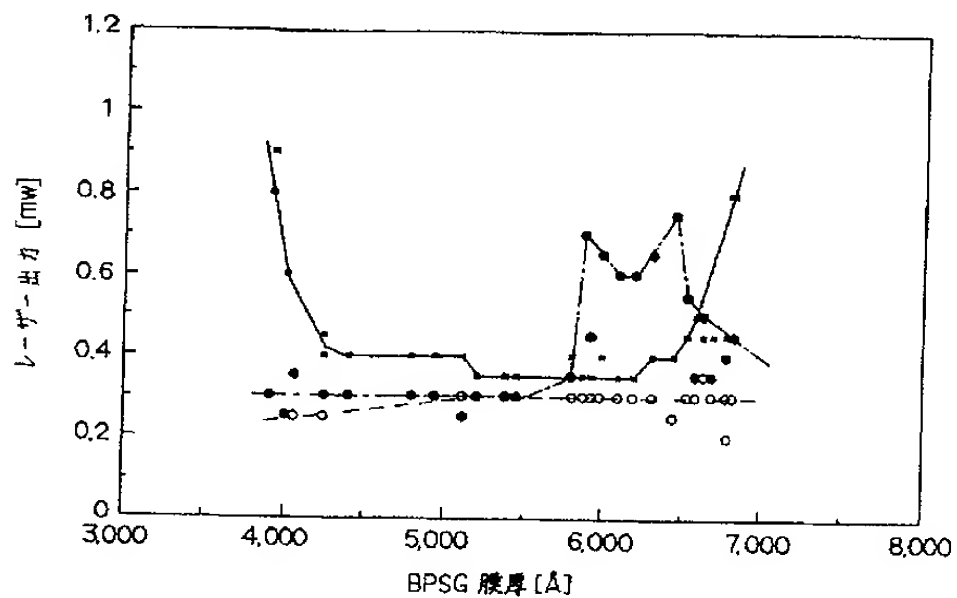


(a)

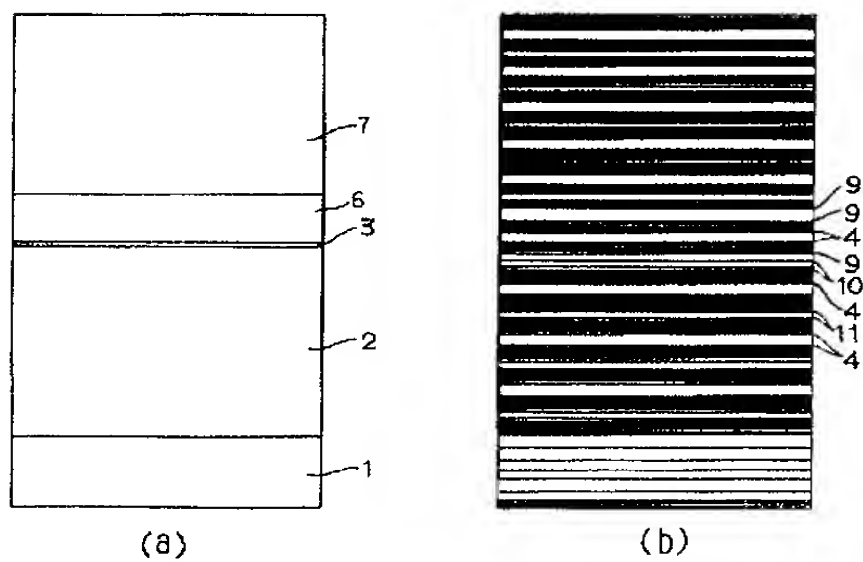


(b)

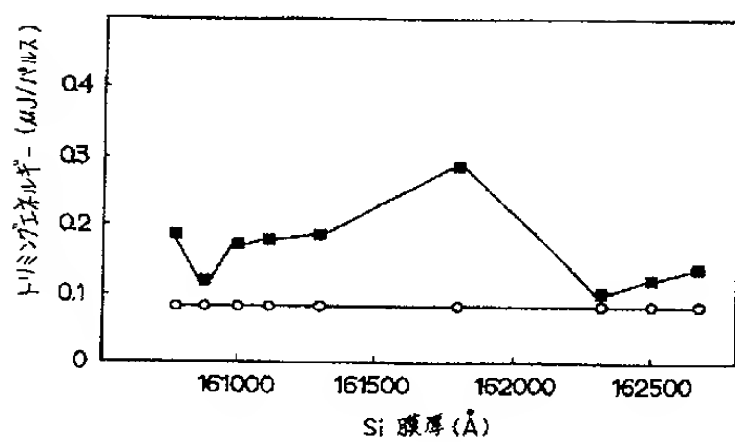
【図4】



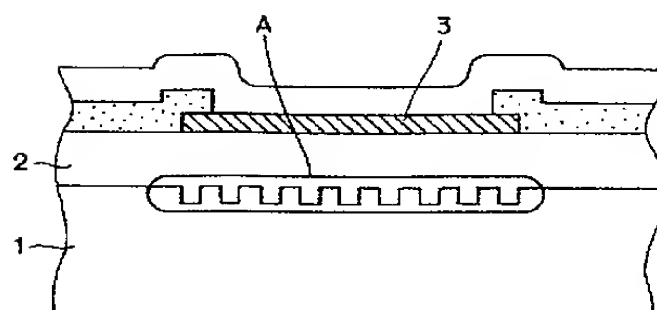
【図5】



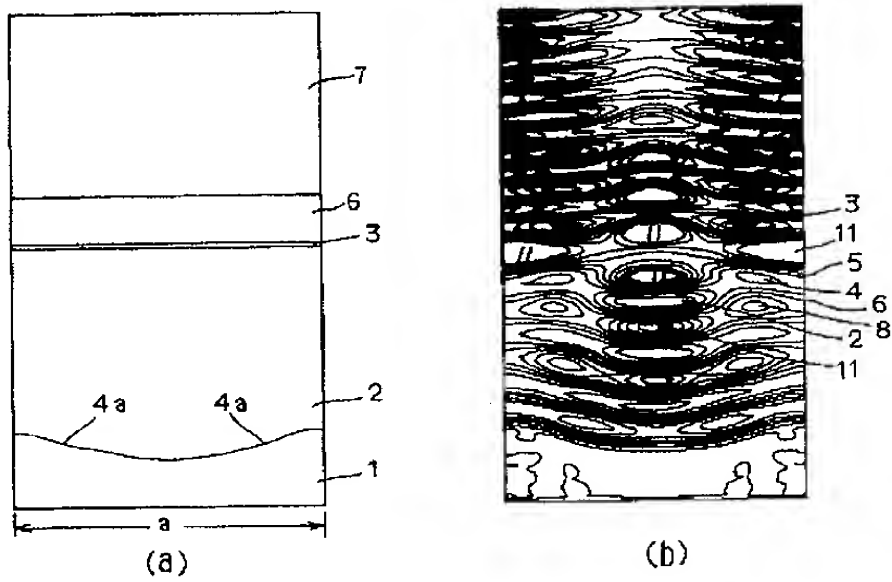
【図10】



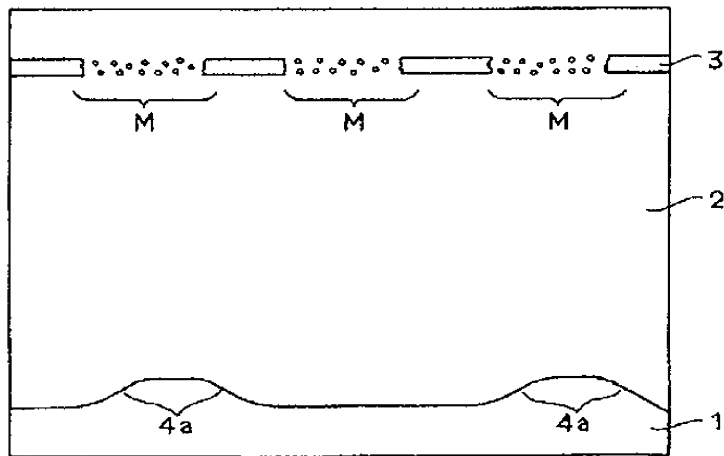
【図16】



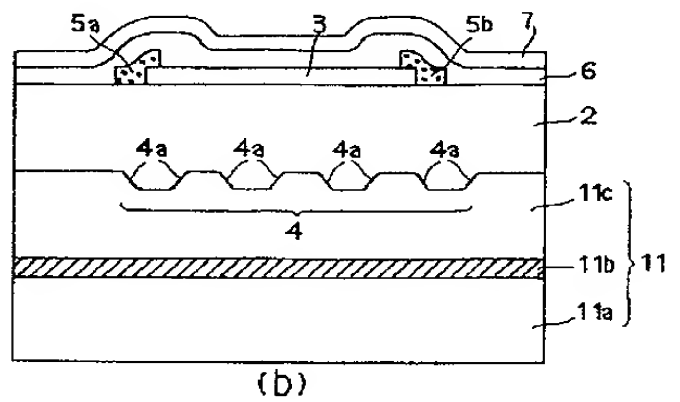
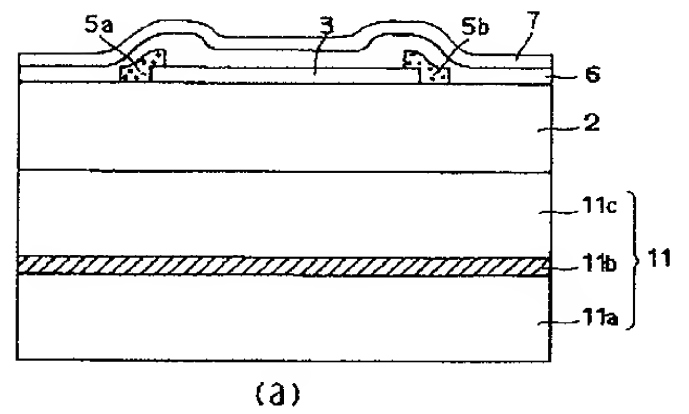
【図6】



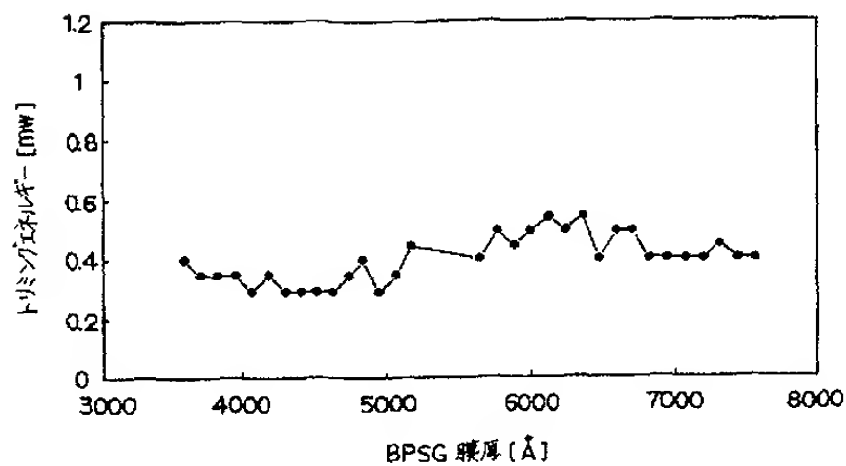
【図7】



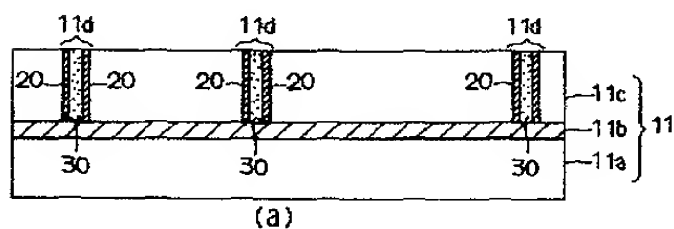
【図9】



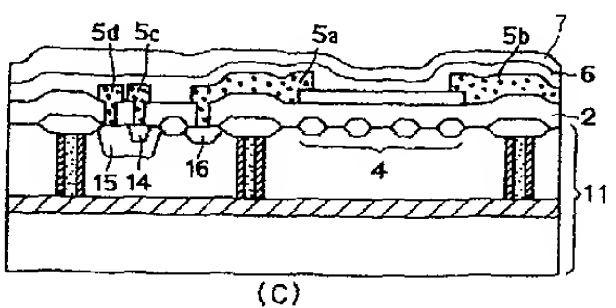
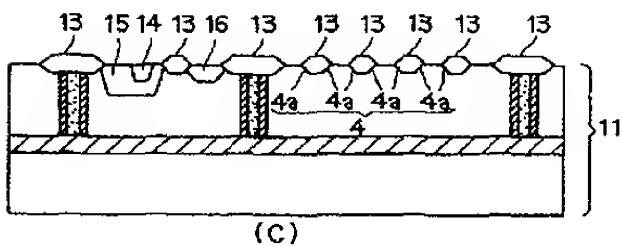
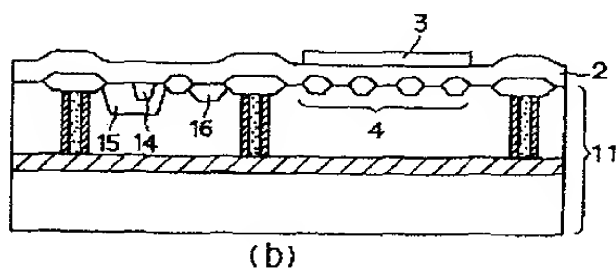
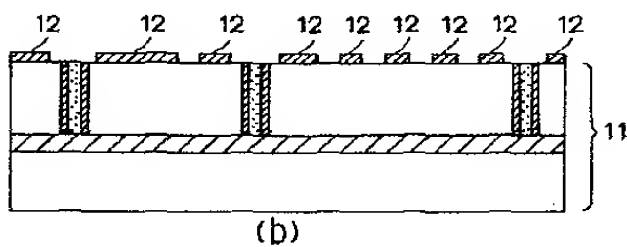
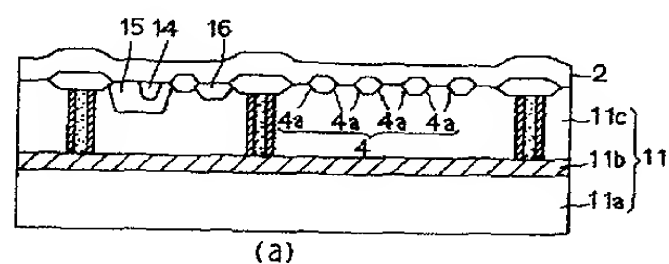
【圖 13】



【图 14】



【图 15】



フロントページの続き

(72) 発明者 飯田 眞喜男
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内